



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 316 243**

⑫ Número de solicitud: 200601686

⑬ Int. Cl.:

G01N 21/27 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

G01J 3/443 (2006.01)

G01J 3/10 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

G01D 18/00 (2006.01)

⑭

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑮ Fecha de presentación: **22.06.2006**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2009**

⑰ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
01.04.2009

⑱ Solicitante/s: **Universidad de Cantabria**
Pabellón de Gobierno
Avda. Los Castros, s/n
39005 Santander, Cantabria, ES

⑲ Inventor/es: **Cobo García, Adolfo;**
Conde Portilla, Olga María;
Mirapeix Serrano, Jesús;
Anuarbe Cortés, Pedro y
López Higuera, José Miguel

⑳ Agente: **No consta**

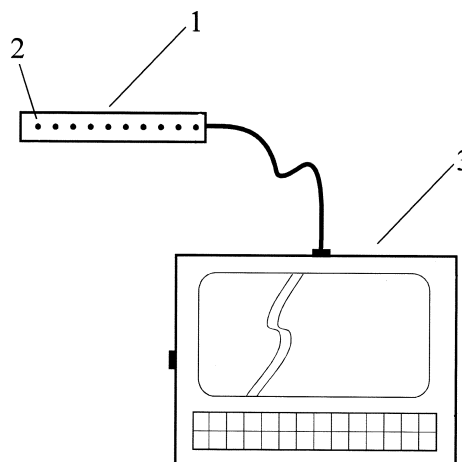
㉑ Título: **Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen.**

㉒ Resumen:

Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen.

Incorpora un cabezal (1) con una pluralidad de fuentes de luz (2) y una unidad de procesado y control (3) con capacidad, por un lado, de controlar a voluntad el encendido de las fuentes de luz del cabezal, y por el otro, de capturar y procesar la imagen captada por el espectrómetro que se desea calibrar. La unidad de procesado y control comprende unos procedimientos que, en conjunto, facilitan al usuario la calibración del instrumento, además de determinar de forma automática la relación entre las coordenadas de cada píxel de la imagen y su longitud de onda y posición espacial asociadas.

La aplicación fundamental de la invención se centra en la instalación y calibración de espectrómetros de imagen.



ES 2 316 243 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen.

5 Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector de instrumentación óptica y electrónica, más concretamente, de instrumentos espectrométricos capaces de obtener el contenido espectral de una radiación óptica en diferentes puntos del espacio simultáneamente (formadores de imagen).

10 Estado de la técnica

Los instrumentos conocidos como “espectrómetros de imagen” se caracterizan por obtener información espectral de la radiación óptica proveniente de múltiples puntos del espacio simultáneos. Un tipo de estos instrumentos, denominado cámara hiper-espectral, es aquel en la que se obtienen múltiples imágenes de la zona bidimensional a la que se dirige el instrumento. Cada una de estas imágenes recoge la intensidad óptica de la radiación a una determinada longitud de onda (o rango de longitudes de onda), proporcionando de esta manera información sobre el contenido espectral de la luz recogida en múltiples puntos del espacio, de forma simultánea. La aplicación más común de estos instrumentos es la observación de la tierra desde aviones o satélites [1].

Otro tipo particular de espectrómetro de imagen, al que se refiere concretamente la invención, es el que proporciona información espectral de la luz recogida a lo largo de una línea, y que genera una imagen bidimensional en la que se codifica simultáneamente la información espectral y espacial. Uno de los ejes de la imagen generada se corresponde con la información espectral (longitud de onda de la radiación incidente) y el otro con la información espacial (posición a lo largo de la línea). Así, cada punto de la imagen resultante presenta una intensidad proporcional a la cantidad de radiación óptica de una determinada longitud de onda y en una determinada posición espacial dentro de la línea.

Existe por tanto una correspondencia bi-unívoca entre las coordenadas (x,y) de cada punto de la imagen, y la longitud de onda (λ) y posición espacial (r) a las que se refiere el punto. Sin embargo, es común que el usuario de estos instrumentos pueda modificar tanto la óptica de captación de luz como la cámara formadora de imagen que incorporan, de forma que el instrumento pueda enfocar a diferentes distancias y recoger luz a lo largo de líneas más o menos largas. De esta forma, se hace necesario un procedimiento previo de calibración que permita obtener la correspondencia buscada entre las coordenadas (x,y) de cada punto de la imagen, y sus coordenadas espectrales y espaciales (λ ,r).

Un ejemplo de estos instrumentos es el producto comercial “Inspector” [2], un dispositivo óptico difractivo que se sitúa entre la óptica de captación y una cámara formadora de imagen convencional, ambas a elegir por el usuario, y por tanto que requiere obligatoriamente de una calibración previa que debe hacer el propio usuario del instrumento cada vez que se modifiquen los elementos mencionados o su configuración (por ejemplo, distancia de enfoque, campo de visión, o longitud focal de la óptica).

Tradicionalmente, el proceso de calibración comprende una serie de pasos que deben repetirse varias veces de forma iterativa hasta obtener el ajuste y la información necesarios para operar adecuadamente el instrumento: primero, dirigir el instrumento a la zona que se desea analizar (de forma aproximada, ya que no hay ayuda visual en la imagen capturada al incorporar ésta un eje espectral que sustituye a uno de los ejes de visión habituales); segundo, situar la salida de una fuente de luz de parámetros espectrales conocidos y, preferentemente, monocromática, sobre la zona a analizar y comprobar que aparece en la imagen; tercero, mover el instrumento con mayor precisión a la zona deseada y ajustar, también de forma aproximada, el enfoque; cuarto, ajustar el ángulo entre la cámara y la óptica del instrumento para garantizar la adecuada situación de los ejes espectral y espacial; quinto, capturar la imagen con un ordenador y almacenarla; sexto, situar la salida de una nueva fuente de luz, con longitud de onda central de emisión diferente a la anterior, sobre la zona a analizar y capturar esta segunda imagen; sexto, mediante un software específico, determinar los parámetros de calibración (correspondencia entre las coordenadas de los píxeles y su longitud de onda y posición espacial asociadas).

La presente invención pretende facilitar el procedimiento de calibración previo mediante un dispositivo que lo realice automáticamente. Se han descrito en la literatura científica (y comercializado) diversos sistemas que permiten la calibración espectral de espectrómetros, utilizando fuentes de luz y arquitecturas muy diversas (véase por el ejemplo el producto “Calibration Cube” [3]), pero no así la calibración espectral y espacial de forma simultánea y automática sin intervención del usuario.

60 Bibliografía

[1] F. Van der Meer y S.M. de Jong, “Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications (Remote Sensing and Digital Image Processing)”, *Springer*, 2002.

[2] Información comercial del producto “Inspector” <http://www.specim.fi/products-inspector.html>.

[3] Información comercial del producto “Calibration Cube” <http://www.specim.fi/pdf/CalibrationCube.pdf>

Explicación de la invención

El problema técnico planteado es la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, de la forma más sencilla y rápida posible, y con la mínima intervención del usuario.

Un espectrómetro de imagen incorpora una cámara que produce una imagen formada por puntos (píxeles), cada uno con coordenadas (x,y). Cada uno de estos píxeles se corresponde con un punto del espacio (r) a lo largo de una línea, y con una determinada longitud de onda (λ) de la luz proveniente de ese punto del espacio. La relación entre las coordenadas del píxel (x,y) y los parámetros (λ ,r) es desconocida *a priori*, ya que depende de la dirección a la que apunta el instrumento, de la configuración de sus elementos internos (óptica de captación, óptica difractiva, cámara) y de su posición relativa (particularmente, de la posición entre la óptica difractiva y la cámara). El interés de la invención radica en que el proceso de calibración es largo y tedioso, y debe repetirse cada vez que se modifique la dirección de apuntamiento del instrumento, los elementos que lo forman, su configuración interna, etc., incluso si hay cambios importantes de temperatura entre cada uso del mismo.

En líneas generales, el dispositivo que se plantea en la presente invención asigna, de manera sencilla y rápida, una longitud de onda (λ) y una posición espacial (r) a cada píxel de la imagen proporcionada por el espectrómetro.

Para ello, la presente invención incorpora dos partes diferenciadas: en primer lugar, un cabezal con un conjunto de fuentes de luz, preferentemente puntuales (tamaño de la zona de emisión de luz pequeño) y monocromáticas (rango reducido de longitudes de onda de emisión), situadas en línea sobre un plano, formando una fila con un número mínimo de 2 fuentes de luz. Las características espectrales de emisión de cada fuente de luz son conocidas *a priori*, y su encendido y apagado puede ser controlado de forma individual. Las fuentes de luz emitirán a diferentes longitudes de onda dentro del rango de funcionamiento del espectrómetro, preferentemente a longitudes de onda cercanas a los límites inferior y superior del rango espectral de medida del espectrómetro. Es así mismo interesante que el cabezal incorpore dos o más fuentes de luz con idénticas características espectrales (misma longitud de onda de emisión). Este cabezal se sitúa en la zona que se desea analizar con el espectrómetro de imagen, y presenta una longitud total y un número de fuentes de luz acordes con las dimensiones de la zona que se desea analizar. El cabezal incorpora un punto espacial de referencia, conocido de antemano y situado preferentemente en la fuente de luz situada más a la izquierda, y que se considera el origen de coordenadas (r=0) de la zona de análisis.

Una segunda parte de la invención es la unidad de procesado y control, conectada, por un lado, al conjunto de fuentes de luz y con capacidad de controlar el encendido y apagado de las mismas de forma individual; y por el otro, conectada a la cámara del espectrómetro de imagen, y con capacidad de adquirir la misma y procesarla adecuadamente. La unidad de procesado y control ejecuta un programa que, sin intervención del usuario y de forma automática, realiza serie de procesos consistentes básicamente en el encendido selectivo y consecutivo de las diversas fuentes de luz y el análisis de cada imagen resultante. El proceso de análisis, a partir de la posición espacial y características espectrales de cada fuente de luz (ambas informaciones conocidas *a priori*), y las imágenes resultantes, proporciona la buscada relación entre las coordenadas de los píxeles (x,y) y longitud de onda y posición espacial asociadas (λ ,r). Así mismo, el proceso de análisis es capaz de suministrar información adicional de interés, como el grado de enfoque de la imagen, la posición de la línea de análisis respecto a la matriz de fuentes de luz, la longitud total de la línea de análisis, o los movimientos necesarios para apuntar correctamente el instrumento a la zona de análisis deseada.

Los procedimientos que implementa la unidad de procesado y control, son al menos:

1. Procedimiento 1: De estimación del píxel de intensidad máxima de la imagen: se encenderá una de las fuentes de luz y, mediante un procesado adecuado de la imagen captada, se estimará el píxel de mayor intensidad luminosa en la imagen. Como la posición espacial y la característica espectral de la fuente de luz encendida son conocidos *a priori*, este procedimiento permite conocer la posición del píxel asociado a dicha fuente de luz, y por tanto, su longitud de onda y posición espacial asociadas. Se contempla la posibilidad de determinar las coordenadas de máxima intensidad en la imagen con resolución sub-píxel, mediante algoritmos de estimación de máximos tales como el del centroide (*Centroid Detection Algorithm*, CDA), ajuste gaussiano, operadores de fase lineal (*Linear Phase Operator*, LPO), o similares. Los algoritmos sub-píxel mejoran la precisión de la calibración resultante.
2. Procedimiento 2: De ayuda al apuntamiento: El usuario situará el cabezal de fuentes de luz en la zona que se desea analizar con el instrumento, y la unidad de procesado y control encenderá al menos dos de las fuentes de luz del cabezal, proporcionando una medida continua al usuario de la intensidad luminosa global captada por la cámara. El usuario ajustará la dirección de apuntamiento basándose en la medida proporcionada de intensidad luminosa global, ya que ésta será máxima cuando el instrumento esté alineado completamente con la fila de fuentes de luz.
3. Procedimiento 3: De ayuda al enfoque: La unidad de procesado y control encenderá al menos una de las fuentes de luz y proporcionará una medida continua al usuario del área total de la imagen que registra intensidad luminosa apreciable, a partir del análisis adecuado de la imagen captada por el instrumento. El usuario ajustará el enfoque de la cámara basándose en la medida proporcionada del área, ya que ésta será mínima cuando el enfoque del instrumento sea óptimo. Se contempla la posibilidad de usar métodos

alternativos con el mismo fin, como puede ser la estimación de la anchura total a anchura mitad (FWHM, *Full Width at Half Maximum*) de la mancha de luz observada en la imagen, que será mínima cuando el enfoque sea óptimo.

4. Procedimiento 4: De ayuda al ajuste relativo entre la óptica difractiva y la cámara formadora de imagen: La unidad de procesado y control encenderá consecutivamente y de forma individual dos o más fuentes de luz, de las que incorpora el cabezal, que presenten iguales características espectrales de emisión. El análisis de las imágenes, de acuerdo al procedimiento 1 descrito, proporcionará las coordenadas del píxel de máxima intensidad en cada caso. Si la coordenada en el eje espectral es diferente para las diversas fuentes de luz, significa que existe un ángulo de desalineamiento entre la óptica difractiva y la cámara que debe corregir el usuario. La unidad de procesado y control proporcionará información al usuario de los ajustes a realizar, a partir de la diferencia de localización en el eje espectral de los píxeles de máxima intensidad en cada imagen.
5. Procedimiento 5: De calibración espectral: la unidad de procesado y control encenderá consecutivamente todas las fuentes de luz, de forma individual, procesando la imagen resultante en cada caso, y obteniendo, mediante el procedimiento 1 descrito, la posición de cada píxel (x_i, y_i) y su longitud de onda y posición espectral asociada (λ_i, r_i) , para cada fuente de luz i . A partir de los valores obtenidos para todas las fuentes de luz, mediante un procedimiento de regresión u otro equivalente, se obtiene la buscada información de calibración, que consiste en un función $f_{\text{calibración}}$ que relaciona las coordenadas de la imagen (x, y) con su longitud de onda y posición espacial (λ, r) :

$$(\lambda, r) = f_{\text{calibración}}(x, y)$$

La función de calibración será, típicamente, una relación polinómica entre la coordenada x del píxel y su posición espacial r , así como entre la coordenada y del píxel y su longitud de onda λ :

$$r = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + \dots$$

$$\lambda = d + e \cdot y + f \cdot y^2 + \dots$$

Siendo precisamente los valores de los coeficientes (a, b, c, \dots) los que se determinan automáticamente mediante el dispositivo objeto de la presente invención.

Descripción de los dibujos

Figura 1: Muestra el cabezal con el conjunto de las fuentes de luz (1) y la unidad de procesado y control (2). Ambas se encuentran unidas por un cable (3) que transmite las órdenes de la unidad de procesado y control, aunque se contempla la posibilidad de una comunicación inalámbrica.

El cabezal incluye un conjunto de fuentes de luz (10 en la figura, pero se contempla un número de ellas igual o superior a 2), situadas a lo largo de una línea, equiespaciadas, con una separación total L entre la primera fuente (4) y la última (5). La fuente de luz situada más a la izquierda actúa como origen de coordenadas ($r=0$) en la línea de análisis. Las fuentes de luz son preferiblemente puntuales (pequeño área de emisión) y monocromáticas (rango reducido de longitudes de onda de emisión), tales como diodos LED ó diodos láser. El cabezal (1) incluye en su interior la electrónica necesaria para recibir las órdenes de la unidad de procesado y control, y encender o apagar cada fuente de luz de forma individual.

La unidad de procesado y control (2) incluye un mecanismo (6) para notificar al usuario el resultado de sus procesos de análisis, que puede ser una pantalla alfanumérica o gráfica, así como un dispositivo de introducción de datos (7) que permita al usuario solicitar el tipo de análisis requerido. Este dispositivo puede ser un teclado alfanumérico, como se indica en la figura. La unidad de procesado y control incorpora los elementos electrónicos necesarios para ejecutar los procesos de análisis descritos, así como para enviar ordenes al cabezal. Dispone también una conexión (8) a la cámara del espectrómetro de imagen, conexión que permite capturar la imagen captada por la cámara y puede ser cualquiera de las disponibles por las cámaras convencionales, tales como vídeo analógico en banda base, conexión USB (*Universal Serial Bus*) o IEEE-1394 (*Firewire*), entre otros.

Figura 2: Muestra un posible uso de la invención, en el que el cabezal (9) se ha colocado sobre la zona que se desea analizar, zona a la que se dirige un espectrómetro de imagen formado, en su configuración típica, por una lente de captación de imagen (11), un elemento óptico difractivo (12) y una cámara formadora de imagen (13), ésta última conectada a la unidad de procesado y control (10), que en la figura está implementada mediante un ordenador convencional.

Un modo de realización de la invención

En la figura 3 se muestra una posible realización de la invención. El cabezal (14) está construido sobre una placa de circuito impreso (15), y emplea un total de 6 fuentes de luz (16), tipo LED, con encapsulado de 3 mm. Las fuentes de luz están posicionadas de forma equi-espaciada cada 10 mm, a lo largo de una línea, con ayuda de una placa opaca y rígida (17) que sirve de sujeción a las fuentes de luz. La zona de emisión de luz de cada fuente está limitada espacialmente, para mejorar la resolución espacial de la calibración, mediante perforaciones cilíndricas de la placa opaca de soporte de pequeño diámetro (18). La fuente de luz número uno (19) se considera el origen de coordenadas ($r=0$) del eje espacial resultante de la calibración. Las fuentes de luz emiten en dos longitudes de onda diferentes, por ejemplo, las fuentes 1, 3 y 5 en 450 nm y las fuentes 2, 4 y 6 a 650 nm. Con la realización mostrada, es posible calibrar espectrómetros de imagen con un rango espectral de anchura entre 200 y 400 nm aproximadamente, siempre que entre las longitudes de onda que son capaces de analizar se encuentren las dos seleccionadas para las fuentes de luz. Otra selección de las longitudes de onda de las fuentes, en una realización equivalente, permitiría la calibración de cualquier rango espectral. Por otro lado, la realización mostrada permite calibrar espectrómetros de imagen configurados para una dimensión de la zona de análisis (longitud de la línea) tan pequeña como 10 mm o tan larga como 50 mm. Otras longitudes son posibles con una disposición y número de fuentes diferente. El cabezal se conecta mediante un cable (20) al puerto USB de un ordenador convencional, que implementa los procedimientos de análisis descritos anteriormente.

El ordenador se conecta igualmente mediante un puerto IEEE-1394 (Firewire) a la cámara del espectrómetro de imagen, si bien cualquier tipo de conexión alámbrica o inalámbrica que permita el control de las fuentes de luz del cabezal por un lado, y la captura de la imagen de la cámara del espectrómetro de imagen, por el otro, se considera equivalente.

En la figura 4 se muestra una posible realización del circuito electrónico del cabezal. El circuito incorpora un dispositivo microcontrolador o microprocesador (21), con un puerto tipo USB (22) conectado al ordenador, así como un conjunto de puertos digitales de control (23). Estos puertos permiten manejar un conjunto de fuentes de corriente programables (24), conectadas a las fuentes de luz (25). El microcontrolador incorpora un programa que, a partir de las órdenes recibidas de la unidad de procesado y control, maneja la intensidad luminosa de las fuentes de luz.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que consiste en un cabezal (1) con varias fuentes de luz situadas a lo largo de una línea, y una unidad de procesado y control (2) con capacidad para variar la intensidad luminosa de las fuentes de luz del cabezal a voluntad y de procesar la imagen resultante de un espectrómetro de imagen, **caracterizado** porque la unidad de procesado y control es capaz de ejecutar una serie de procedimientos que permiten la calibración automática del espectrómetro de imagen a él conectado, proporcionando, entre otra información, la asignación entre las coordenadas de cada píxel de la imagen con su longitud de onda y posición espacial a lo largo de la línea de fuentes de luz, respecto a un origen predefinido.

2. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 1, comprende un cabezal formado por un número de fuentes de luz preferentemente puntuales (tamaño de la zona de emisión de luz pequeño) y monocromáticas (rango reducido de longitudes de onda de emisión), en número igual o superior a 2, dispuestas sobre un plano y a lo largo de una línea, cuya distancia entre fuentes y número de ellas depende del tamaño de la zona de análisis deseado, y con longitudes de onda centrales de emisión diferentes para cada fuente y dependientes del rango espectral de análisis del espectrómetro de imagen.

3. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 2, se **caracteriza** porque comprende al menos dos fuentes de luz de iguales características espectrales de emisión.

4. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 1, comprende una unidad de procesado y control, conectada de forma alámbrica o inalámbrica al cabezal por un lado, y a la cámara del espectrómetro de imagen por el otro, y **caracterizada** por ser capaz de controlar a voluntad la intensidad luminosa de emisión de las fuentes de luz del cabezal, de forma individual, así como de recoger y procesar la imagen capturada por la cámara del espectrómetro.

5. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 4, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un interfaz de entrada con el usuario para la ejecución selectiva de los procedimientos de calibración que incorpora, y otro interfaz de salida para mostrar al usuario el resultado de los mismos.

6. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 4, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de encendido selectivo de una de las fuentes de luz y posterior estimación de las coordenadas del píxel de intensidad máxima de la imagen.

7. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 6, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de estimación de las coordenadas del píxel de intensidad máxima de la imagen con resolución sub-píxel, mediante algoritmos de estimación de máximos tales como el del centroide (Centroid Detection Algorithm, CDA), ajuste gaussiano, operadores de fase lineal (Linear Phase operador, LPO), o similares.

8. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 4, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de ayuda al apuntamiento, consistente en el encendido de dos o más fuentes de luz simultáneamente, y en la estimación de la intensidad global de la imagen, información que se suministra al usuario en tiempo real para facilitar el apuntamiento óptimo del espectrómetro sobre la línea de fuentes de luz.

9. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 4, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de ayuda al enfoque, consistente en el encendido selectivo de una de las fuentes de luz, y la estimación en tiempo real de un parámetro relacionado con el grado de enfoque de la imagen, como puede ser el área iluminada de la misma o la medida de la anchura total a altura mitad (Full Width at Half Maximum, FWHM) de la mancha de iluminación presente en la imagen, o algoritmos similares.

10. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con las reivindicaciones 4, 6 y 7, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de ayuda al ajuste de la posición relativa entre la óptica difractiva y la cámara, consistente en el encendido individual y consecutivo de dos o más fuentes de luz, que presenten características espectrales de emisión idénticas, en la estimación de las coordenadas del píxel de máxima intensidad en cada caso, y del análisis de las diferentes coordenadas obtenidas para estimar el posible ángulo de desalineamiento entre ambos elementos.

11. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con las reivindicaciones 4, 6 y 7, está **caracterizado** porque la unidad de procesado y control incorpora un procedimiento de calibración, consistente en el encendido individual y consecutivo de todas las fuentes de luz, y de la estimación de las coordenadas del píxel de máxima intensidad en cada caso, y del posterior análisis, a partir de las diferentes

ES 2 316 243 A1

coordenadas, mediante técnicas de regresión o similares, para obtener los coeficientes de una función polinómica que relaciona las coordenadas de cada píxel en la imagen con su longitud de onda y posición espacial asociadas.

- 5 12. Dispositivo para la calibración espectral y espacial de espectrómetros de imagen, que de acuerdo con la reivindicación 11, se **caracteriza** por obtener la relación buscada entre las coordenadas de los píxeles y su longitud de onda y posición espacial asociadas mediante funciones no polinómicas.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

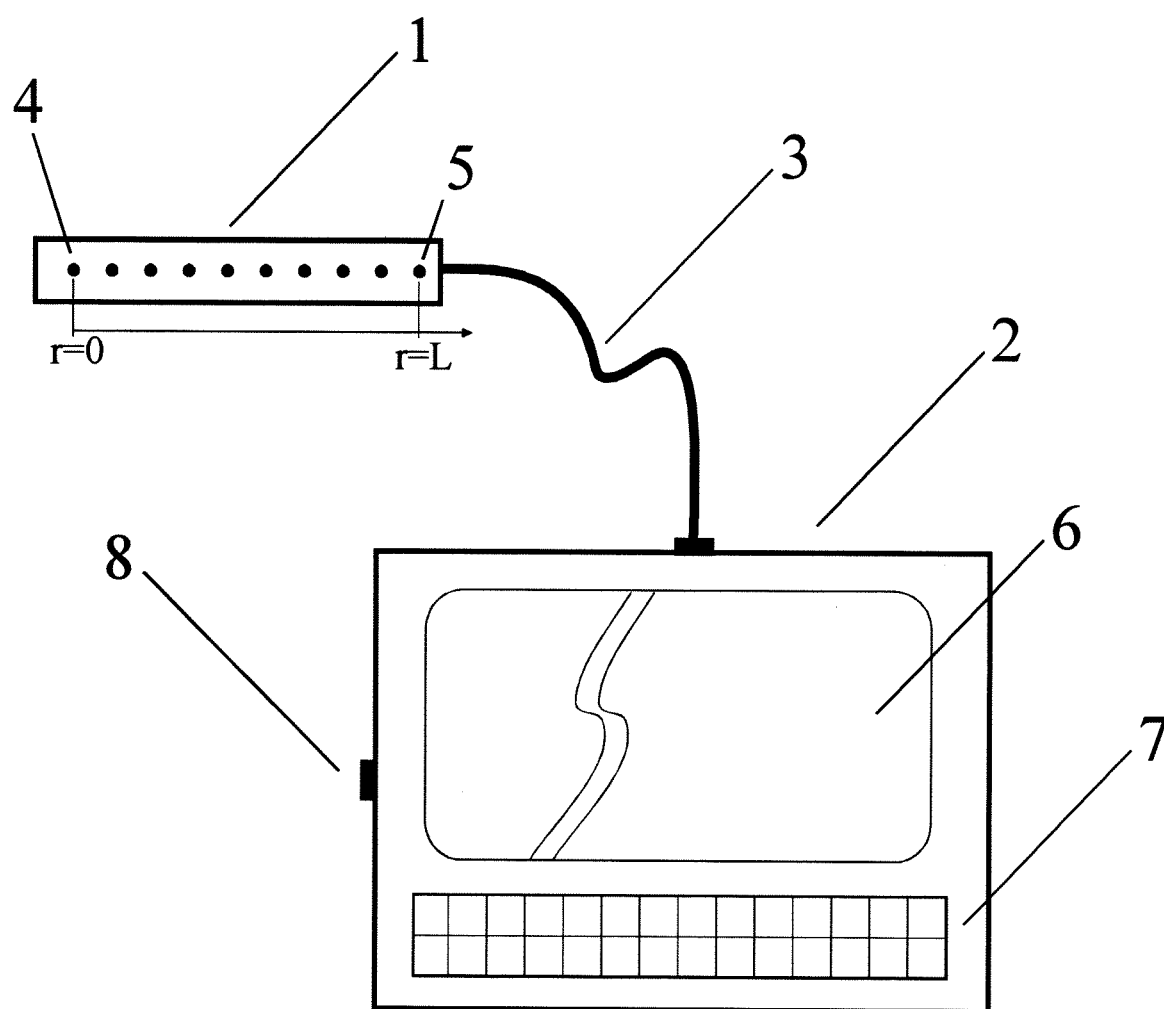


Figura 1.

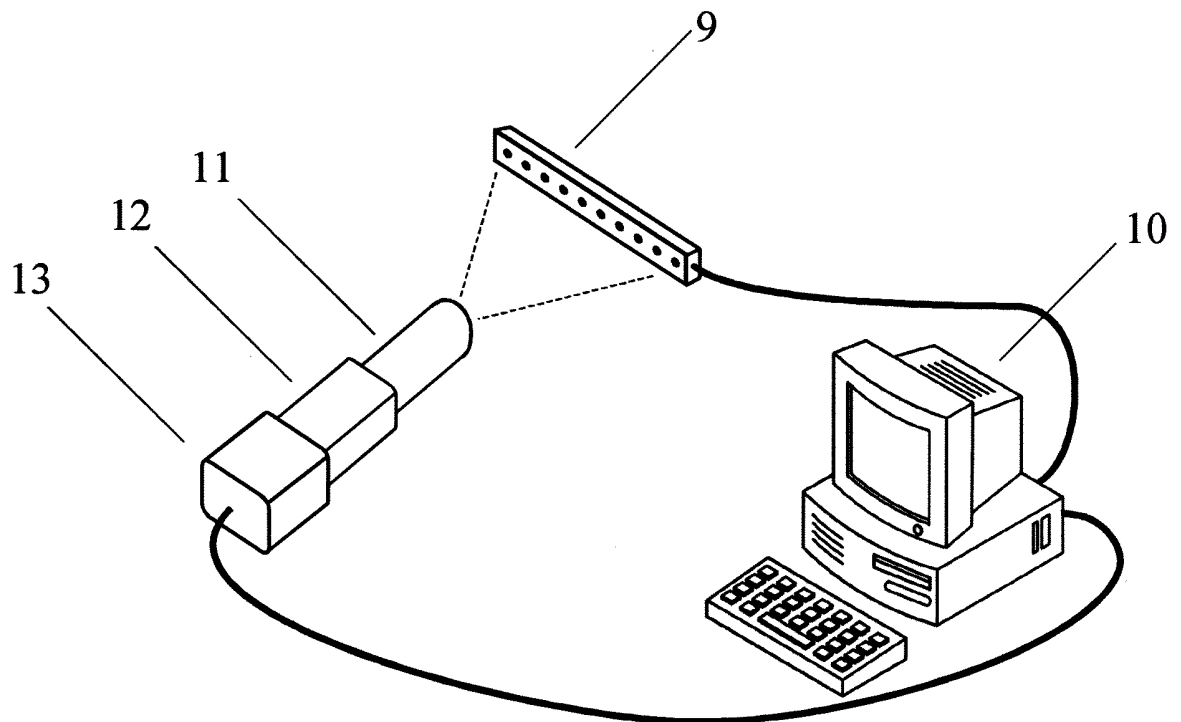


Figura 2.

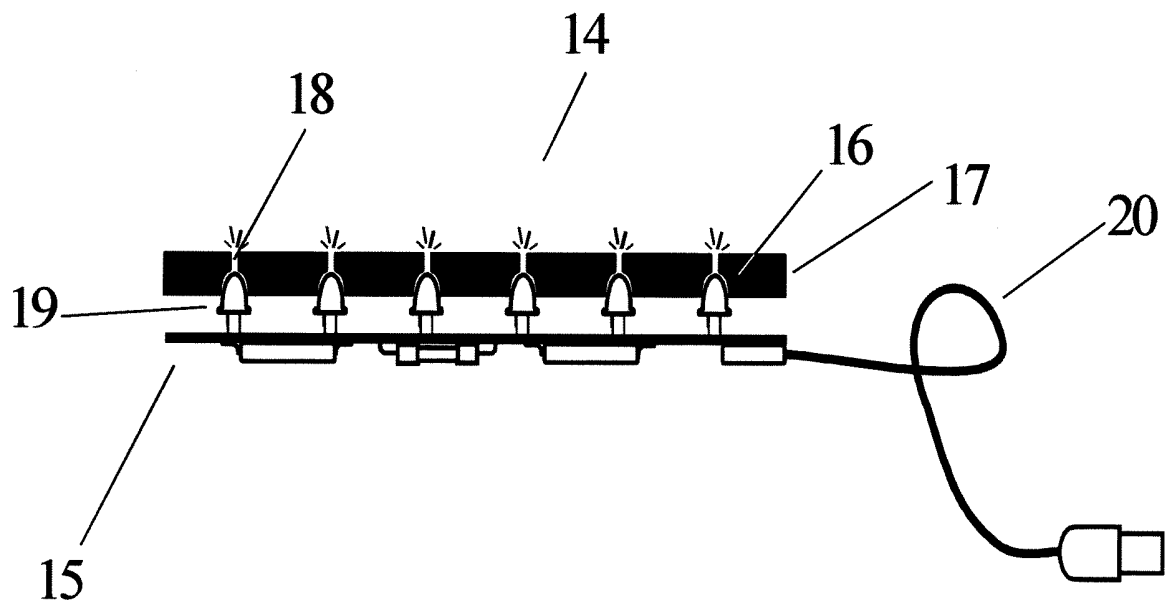


Figura 3

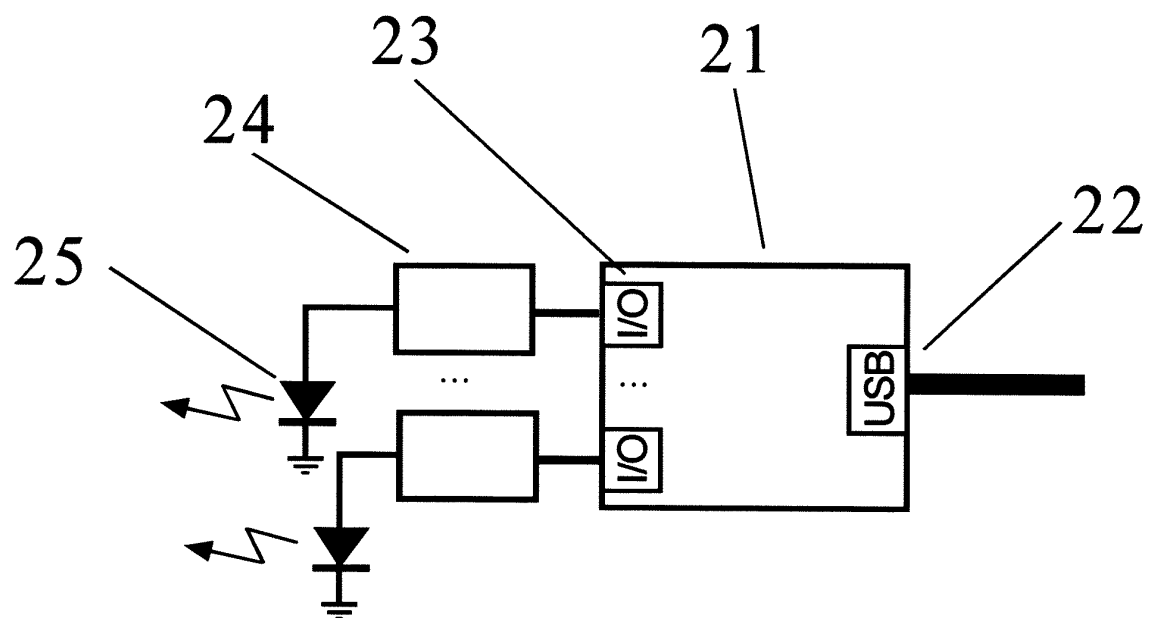


Figura 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 316 243

⑫ Nº de solicitud: 200601686

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 22.06.2006

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6108082 A (PETTIPIECE et al.) 22.08.2000	1
A	US 2006017922 A1 (LEWIS et al.) 26.01.2006	1
A	US 2006093522 A1 (KORMANN et al.) 04.05.2006	1
A	WO 03078944 A1 (ZEISS CARL JENA GMBH; SCHADWINKEL HARALD; FAULSTICH ANDREAS) 25.09.2003	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

27.02.2009

Examinador

Mª C. González Vasserot

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G01N 21/27 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

G01J 3/443 (2006.01)

G01J 3/10 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

G01D 18/00 (2006.01)